

10/533857

JC06 Rec'd/PCT/PTO 05 MAY 2005

Continental Teves AG & Co. OHG

06.11.03
P 10563
GP/GF/BE

D. Waldbauer
J. Kröber

Verfahren und Einrichtung zum Stabilisieren eines Gespanns

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zum Stabilisieren eines Gespanns, mit einem Zugfahrzeug und einem durch das Zugfahrzeug bewegten Anhänger, bei dem das Zugfahrzeug im Hinblick auf Schlingerbewegungen überwacht wird und beim Erkennen von tatsächlichem oder erwarteten instabilem Fahrverhalten des Zugfahrzeugs oder Gespanns fahrstabilisierende Maßnahmen ergriffen werden.

Das Verfahren zielt darauf ab, die Instabilitäten bei Fahrzeuggespannen (Kraftfahrzeug mit Anhänger), speziell von Kombinationen aus PKW und beliebigen Anhängern, insbesondere Wohnanhängern zu erkennen und auszuregeln, bevor Fahrzustände auftreten, die vom Fahrer nicht mehr beherrscht werden können. Diese instabilen Zustände sind das bei Gespannen bekannte Schlingern und gegenphasige Aufschaukeln von Zugfahrzeug und Anhänger sowie sich anbahnende Überrollzustände bei zu hoher Querbeschleunigung im Falle von Ausweichmanövern, Spurwechseln, Seitenwind, Fahrbahnstörungen oder hastigen Lenkanforderungen durch den Fahrer.

Je nach Fahrgeschwindigkeit können die Schwingungen abklingen, konstant bleiben oder sich verstärken (ungedämpfte Schwingung). Bleiben die Schwingungen konstant, so hat das Gespann die kritische Geschwindigkeit erreicht. Oberhalb dieser Geschwindigkeitsschwelle ist ein Gespann instabil, darunter stabil, d.h. eventuelle Schwingungen klingen ab. Die Höhe dieser kritischen Geschwindigkeit ist

- 2 -

abhängig von den Geometriedaten, den Reifensteifigkeiten, dem Gewicht und der Gewichtsverteilung des Zugfahrzeugs und des Anhängers. Außerdem ist die kritische Geschwindigkeit bei gebremster Fahrt niedriger, als bei Konstantfahrt. Bei beschleunigter Fahrt ist sie wiederum höher als bei konstanter Fahrt.

Entsprechende Verfahren und Vorrichtungen sind in verschiedenen Ausbildungen bekannt (DE199 53 413 A1, DE 199 13 342 A1, DE 197 42 707 A1, DE 100 34 222 A1, DE 199 64 048 A1).

Aus der DE 197 42 702 C2 ist eine Einrichtung zum Dämpfen von Schlingerbewegungen für mind. ein von einem Zugfahrzeug gezogenes Anhängersegment bekannt, bei dem die Winkelgeschwindigkeit des Anhängersegmentes um den Momentanpol oder der Knickwinkel um den Momentanpol erfasst und differenziert wird, und zur Regelung der Radbremsen des Anhängers heran gezogen wird. Als Sensoren für die Winkelgeschwindigkeit dienen Beschleunigungsmesser in unterschiedlicher Lage. Die DE 199 64 048 A1 sieht ebenfalls einen Querbeschleunigungssensor vor, mittels dem die Schlingerbewegung ermittelt wird. Nach Auswertung des Signals soll dem Fahrzeug ein periodisches Giermoment eingeprägt werden. Die DE 100 34 222 A1 ermittelt einen Zeitpunkt zum phasenrichtigen Bremseingriff, der in Abhängigkeit von der Frequenzgröße und der Phasengröße der Schlingerbewegung gebildet wird.

Zusammenfassend lässt sich die Stabilisierungsstrategie aller Ausführungsvarianten grob zusammen fassen:

- 3 -

- Erkennung des Schlingerns durch Auswertung von Sensorinformationen, wobei die Sensoren im Zugfahrzeug oder Anhänger angeordnet sind.
- Bei erkannter instabiler Situation erfolgt ein Abbremsen des Fahrzeugs durch Reduzierung des Motormoments und Druckaufbau in den Radbremsen des Zugfahrzeugs.
- Zusätzlich oder alternativ erfolgt das Aufbringen eines Moments um die Hochachse des Zugfahrzeugs, welches der vom Anhänger auf das Zugfahrzeug übertragenen Kraft entgegenwirkt und somit die Schwingung bedämpft.

Letzteres kann alternativ durch einseitige Bremseneingriffe an mindestens einer Achse oder durch Eingriffe einer Überlagerungslenkung umgesetzt werden.

Ein Problem bei der Abbremsung des Fahrzeugs liegt darin, dass die kritische Geschwindigkeit des Gespanns durch die Abbremsung reduziert wird, womit die Schwingung des Gespanns weiter angeregt wird, solange sich das Gespann im Bereich der kritischen Geschwindigkeit befindet. Andererseits wird durch die Abbremsung die Geschwindigkeit des Gespanns reduziert, so dass es nach einer Zeitdauer den kritischen Geschwindigkeitsbereich verlässt. Ausschlaggebend für den Erfolg des Eingriffs ist es, dass der kritische Geschwindigkeitsbereich, der durch den Eingriff noch abgesenkt wird, ausreichend schnell wieder verlassen wird, damit sich die Schwingung nicht zu sehr verstärkt sondern schnell bedämpft wird. Die geschilderte Problematik verlangt also eine möglichst schnell anliegende hohe Verzögerung. Gegen eine solche hohe Verzögerung spricht, dass sie den Fahrer verunsichern und als unkomfortabel angesehen werden kann. Zudem kann bei hoher Fahrgeschwindigkeit der rückwärtige Verkehr gefährdet werden. Ferner kann eine zu hohe Druckanforderung Schlupf an den Rädern erzeugen. Die

- 4 -

damit verbundene Reduktion der Seitenführungskraft kann zu einer zusätzlichen Destabilisierung des Gespanns führen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Einrichtung zu schaffen, welche die angeforderte Verzögerung sowie die radindividuell angeforderten Bremsdrücke situationsabhängig so dosieren, dass damit eine optimal an die Fahrsituation angepasste Bedämpfung der Gespannschwingung erreicht wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und eine Einrichtung gemäß Anspruch 19 gelöst.

Dabei werden zum Stabilisieren eines Gespanns, mit einem Zugfahrzeug und einem durch das Zugfahrzeug bewegten Anhänger, bei dem das Zugfahrzeug im Hinblick auf Schlingerbewegungen überwacht wird und beim Erkennen von tatsächlichem oder erwarteten instabilem Fahrverhalten des Zugfahrzeugs oder Gespanns fahrstabilisierende Maßnahmen ergriffen werden, die Schlingerbewegungen im Hinblick auf kritische oder unkritische Fahrzustände ermittelt und bewertet und das Zugfahrzeug in Abhängigkeit von den Amplituden der Schlingerbewegungen verzögert. Unter Schlingern ist dabei zu verstehen, dass es im Zugfahrzeug, das den Anhänger bewegt, zu einer im wesentlichen periodischen Querbeschleunigung und Giergeschwindigkeit kommt. Hierbei handelt es sich nicht um eine streng periodische Schwingung, vielmehr können zeitliche Schwankungen in der Periodendauer der Pendelbewegung des Anhängers auftreten.

Das Verfahren erfüllt vorteilhaft die folgenden Bedingungen:

- Das Gespann wird ausreichend verzögert, damit keine starke Amplitudenerhöhung der Schwingung entstehen kann und die Schwingung schnell bedämpft wird.
- Die eingestellte Verzögerung wird der Stärke der ermittelten Schwingung angemessen dosiert, damit der Fahrer den Eingriff subjektiv möglichst als angemessen bzw. komfortabel empfindet, und ihm nicht das Gefühl eines Fehleingriffs vermittelt wird. Außerdem wird damit eine Gefährdung des rückwärtigen Verkehrs sowie eine Gefährdung durch den rückwärtigen Verkehr minimiert werden.
- Die eingestellten Raddrücke werden so dosiert, dass die angeforderte Verzögerung möglichst schnell erreicht und gehalten wird, ohne die Seitenführungskräfte der Räder zu reduzieren. Außerdem stellt eine konstante Verzögerung sicher, dass die Schwingung nicht zusätzlich angeregt wird.
- Der Bremsdruckaufbau erfüllt die Bedingung, dass jederzeit ein sicheres und komfortables Einbremsen durch den Fahrer möglich ist.
- Das Verfahren zur Stabilisierung des Gespanns mit dem erfindungsgemäßen Bremsdruckaufbau ermöglicht eine Implementierung der Funktion in die heute gängigen ESP-Fahrstabilitätsregelungen ohne zusätzlichen hardwaretechnischen Aufwand (Aktorik, Sensorik)
- Das Verfahren unterbindet durch den Abbruch des Verzögerungseingriffs bei geringer effektiver Verzögerung eine negative Auswirkung des Eingriffs (zusätzliche Destabilisierung des Gespannes).
- Durch eine kurze Aktivierung des Verzögerungseingriffs wird die ESP Funktionslampe wenn auch nur für kurze Zeit angesteuert und durch den kurzen Verzögerungseingriff ein Verzögerungsimpuls initiiert. Der Fahrer wird auf den

- 6 -

instabilen Zustand hingewiesen und zu Gegenmaßnahmen animiert.

Vorteil des Verfahrens ist, dass ein schlingerndes Gespann unabhängig von der Art des Anhängers, vom Beladungszustand des Fahrzeugs und des Anhängers, von den Windverhältnissen und von der Steilheit der Strasse immer genau so abgebremst werden kann, dass eine Bedämpfung der Schwingung ausreichend erfolgt ohne den Fahrer oder den rückwärtigen Verkehr unnötigerweise zu gefährden oder zu belasten.

Vorteil des Verfahrens ist weiterhin, dass die angeforderte Verzögerung abhängig davon gewählt werden kann, wie kritisch das Schlingern des Gespanns ist. Somit kann eine Gefährdung von Fahrer und Verkehr situationsabhängig minimiert werden.

Ein weiterer Vorteil des Verfahrens besteht darin, dass durch die Beobachtung der Radblockierneigungen und entsprechende Reduzierung der Druckanforderungen keine Reduzierung der Seitenführungskräfte entsteht und somit Stabilität und Lenkfähigkeit nicht reduziert bzw. erhalten bleiben.

Darüber hinaus erlaubt das Verfahren vorteilhaft, dass der Fahrer jederzeit über die angeforderte Verzögerung hinaus einbremsen kann.

Vorteil des Verfahrens ist ferner, dass es durch ausschließlichen Softwareaufwand in jede gängige ESP-Anlage implementiert werden kann.

Die Ermittlung und Bewertung der kritischen bzw. unkritischen Fahrzustände erfolgt vorteilhaft so, dass die

Fahrdynamik des Zugfahrzeugs beeinflussende Größen, die die Amplituden und/oder die Frequenzen mindestens einer Quergröße und/oder die Fahrzeuggeschwindigkeit wiedergeben, ermittelt werden, und die Bewertung der Schlingerbewegungen anhand der Amplituden durchgeführt wird.

Dabei wird die Fahrdynamik über Größen einer ESP Fahrstabilitätsregelung vorteilhaft so abgebildet, dass die Quergröße aus der gemessenen Gierwinkelgeschwindigkeit und/oder der Querbeschleunigung und/oder der Differenz der gemessenen Gierwinkelgeschwindigkeit und der Referenz- oder Modellgierwinkelgeschwindigkeit ermittelt wird. Vorteilhaft werden über die Beobachtung und Analyse dieses Differenzwerts schlingernde Gespanne, insbesondere PKW-Anhänger-Gespanne, zuverlässig erkannt. Dabei wird aus der gemessenen Gierrate und der modellbasierten Referenzgierrate ein Differenzwert $\Delta\dot{\psi}$ generiert, der die Abweichung des Fahrzeugs gegenüber der durch die Lenkradstellung vorgegebenen Bahn repräsentiert. Da dieser Differenzwert nur noch die Abweichung von der gewünschten Bahn darstellt, erfolgt durch die Überwachung des Differenzwertes die Beurteilung von Schwingungen unabhängig von einer durch z.B. Lenkeinschlag durchfahrenen Kurvenbahn. Vorzugsweise wird der Differenzwert in einem Tiefpass-Filter gefiltert um Signalspitzen abzuschneiden, die von der Reibwertermittlung ausgelöst werden. Die Regelabweichung zwischen Ist- und Modellgierrate wird zusätzlich durch einen Faktor gewichtet, der modellgieratengeschwindigkeitsabhängig berechnet wird. Je schneller die Modellgierratenänderung, desto kleiner wird der Faktor, der jedoch immer >0 ist. Der Faktor wird mit dem Differenzwert bzw. Differenzwertsignal multipliziert, so dass aus einer schnellen Änderung der Modellgierrate ein kleiner Differenzwert resultiert, die Erkennung also nur bei

- 8 -

extremen Schwingungen erlaubt, sonst vermieden wird. Dadurch wird berücksichtigt, dass bei schnellen (dynamischen) Lenkbewegungen das Fahrzeug dem Fahrzeugmodell nicht mehr folgen kann, so dass die Differenz zwischen Modellgierrate und gemessener Gierrate einen Signalverlauf zeigt, der zu Fehlerkennungen führen würde. Dadurch werden Fehlanregungen vermieden.

Das Verfahren und die Einrichtung erfordern vorteilhaft nur eine Sensorik die in einer ESP-Fahrstabilitätsregelung vorhanden ist.

Darüber hinaus kann der zeitliche Verlauf der Schlingerbewegungen berücksichtigt werden, so dass Änderungen der Schlingerbewegungen über vorgegebene Zeiträume ausgewertet werden und die dabei ermittelten Tendenzen, die den Verlauf hin zu einem unkritischen oder kritischen Fahrverhalten wiedergeben, bei der Bewertung und/oder bei der Verzögerung des Zugfahrzeugs berücksichtigt werden.

Vorteilhaft erfolgt die Stabilisierung des Gespanns mit den Schritten: Ermittlung einer Verzögerungsgröße in Abhängigkeit von einer vorgegebenen Verzögerung des Zugfahrzeugs, Vergleichen der Verzögerungsgröße mit einer modellbasierten Verzögerungsanforderung und Verzögern des Zugfahrzeugs nach Maßgabe des Vergleichsergebnisses.

Dabei ist es vorteilhaft für die Ermittlung der Bremsdrücke eine Größe zu betrachten, die die Ist-Verzögerung des Gespanns repräsentiert. Erfindungsgemäß ist daher vorgesehen, dass die Verzögerungsgröße (Ist-Verzögerung) aus dem Drehverhalten der Räder bei eingesteuertem vorgegebenen Bremsdruck oder der Längsbeschleunigung

- 9 -

ermittelt wird und die Verzögerungsanforderung (Soll-Verzögerung) in Abhängigkeit von der Amplitude der Schlingerbewegung und/oder der Tendenz der Schlingerbewegung durchgeführt wird.

Zur Komforterhöhung und/oder aus Stabilitätsgründen ist vorgesehen, dass die Verzögerung des Zugfahrzeugs nach Kriterien beendet wird, die einen kontinuierlichen oder gestuften oder sofortigen Übergang zu einer unverzögerten Fahrt ermöglichen.

Ferner ist zur Aufrechterhaltung der Lenkbarkeit des Zugfahrzeugs vorteilhaft vorgesehen, dass das Drehverhalten der einzelnen Fahrzeugräder erfasst und im Hinblick auf deren Schlupf- bzw. Blockierverhalten ausgewertet wird, dass bei erkanntem Schlupf- bzw. Blockierverhalten eines Rades an einer Fahrzeugachse die Druckanforderungen reduziert oder abgeschaltet werden und die Druckanforderungen erst dann wieder aufgeschaltet werden, wenn die Schlupf- bzw. Blockierneigung nicht mehr ermittelt wird.

Zweckmäßig ist, dass die Druckanforderungen an beiden Rädern einer Fahrzeugachse reduziert oder abgeschaltet werden, wenn die Schlupf- oder Blockierneigung an mindestens einem Rad dieser Fahrzeugachse ermittelt wird.

Um den Komfort des Verfahrens bei möglichst umgehender Stabilisierung zu ermöglichen ist vorteilhaft vorgesehen, dass die Größe des Bremsdrucks, der bei ermitteltem Blockierverhalten mindestens eines Rades in die Radbremsen eingesteuerte ist, in einem Speicher abgelegt wird, wenn die Druckanforderung abgeschaltet wird. Hierzu wird bei erkannter Beendigung der Blockierneigung in die Radbremsen

- 10 -

ein Bremsdruck eingesteuert, der der abgelegten Größe des Bremsdrucks entspricht oder einer Größe, die um einen Faktor k_{red} reduziert wird. Um schnell zu stabilen Fahrzuständen zurückzukehren, wird der bei erkannter Beendigung der Blockierneigung eingesteuerte Bremsdruck kontinuierlich auf einen Bremsdruck erhöht, der zu der ermittelten Verzögerungsgröße des Zugfahrzeugs führt.

Vorteilhaft ist es Stabilisierungseingriffe, genauer Verzögerungsanforderungen des Reglers auf solche Fälle zu beschränken, bei denen hohe Verzögerungen realisiert werden können, und in den Fällen, bei denen nur geringe Verzögerungen möglich sind (ca. $<0,3g$), den Eingriff zu verhindern. Bei diesem Verfahren werden Eingriff nicht gänzlich verhindert, denn bevor die Räder durch den Verzögerungseingriff das Blockierdruckniveau erreichen, kann das mögliche Verzögerungspotential nicht ermittelt werden. Daher ist das Verfahren zum Abbruch eines nicht hilfreichen Verzögerungseingriffs vorgesehen. Allerdings muss der Eingriff so frühzeitig gestoppt werden, dass eine zusätzliche Destabilisierung des Gespanns unterbunden wird.

Das Verfahren beobachtet während eines Verzögerungseingriffs die Verzögerung des Gespannes. Hat diese Verzögerung nach einem bestimmten Zeitintervall eine bestimmte Schwelle (ca. $0,25g-0,3g$) nicht erreichen können, wird der Verzögerungseingriff abgebrochen.

Die Verzögerung wird dann sofort vorteilhaft beendet, wenn anhand dem Drehverhalten der Räder oder der Längsbeschleunigung des Fahrzeugs ein Verzögerungswert des Zugfahrzeugs mit dem Anhänger unterhalb eines Schwellenwerts ermittelt wird.

Dabei wird die Ermittlung des Verzögerungswerts zeitverzögert nach dem Verzögerungseingriff begonnen und über ein vorgegebenes Zeitintervall beobachtet und bestimmt.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung wird die in einem ABS ermittelte Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit am Beginn des Zeitintervalls gespeichert, die am Beginn gespeicherte Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit mit der am Ende ermittelten Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit verglichen und aus der Differenz der Referenzgeschwindigkeiten und der Zeitdauer die Verzögerung des Fahrzeugs bestimmt.

Vorteilhaft ist eine zustandsabhängige Ansteuerung des Bremslichts vorgesehen, damit der nachfolgende Verkehr auf den Verzögerungseingriff am Gespann dann hingewiesen wird, wenn dieses mit für den nachfolgenden Verkehr gefährlichen Verzögerungen abgebremst wird. Damit wird die Gefahr für Auffahrunfälle minimiert. Hierzu wird unabhängig von einer Betätigung eines Bremspedals eine optischen Signalanlage, vorzugsweise ein Bremslicht, nach vorgegebenen Kriterien während des Verzögerungseingriffs aktiviert.

Dabei wird die Signalanlage in Abhängigkeit von einer Verzögerungsschwelle aktiviert in die eine Hysterese integriert ist, um mehrmaliges Ein- und Ausschalten der Signalanlage zu verhindern, wenn die Verzögerungsanforderung die Schelle in einem vorgegebenen Zeitraum mehrmals über- oder unterschreiten würde.

Vorteilhaft ist, dass die Signalanlage in Abhängigkeit von einem Mindestbremsdruck aktiviert wird, der in ein Rad eingesteuert werden muß.

Die Druckmodulation der Bremsdrücke erfolgt mit einer elektrischen Druckmittelpumpe in einer zweikreisigen Bremsdruckübertragungseinrichtung, mit den Schritten Einsteuern eines Bremsdruckes in den einen und/oder anderen Radbremskreis des einen Bremsdruckübertragungskreise, Halten des Bremsdruckes in dem einen und/oder anderen Radbremskreis des einen Bremsdruckübertragungskreises und Abbauen des Bremsdruckes in den einen und/oder anderen Radbremskreis des einen Bremsdruckübertragungskreises, wobei eine Aufteilung der Radbremskreise des einen Bremsdruckübertragungskreises in einen führenden und einen folgenden Radbremskreis mit unterschiedlicher Bremsdruckanforderung vorgesehen wird, der führende Radbremskreis als Radbremskreis mit einer höheren Bremsdruckanforderung festgelegt wird und die Schritte Einsteuern, Halten und Abbauen des Bremsdruckes des folgenden Radbremskreises über den führenden Radbremskreis gesteuert oder geregelt werden.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im Folgenden näher beschrieben.

Es zeigen

Fig. 1. ein Fahrzeug mit ESP Regelungssystem

Fig. 2 einen hydraulischen Schaltplan einer Bremsanlage nach der Erfindung

Fig. 3 ein vereinfachtes Ablaufschema der Ermittlung von Gespannschwingungen

In Fig. 1 ist ein Fahrzeug mit ESP-Regelungssystem, Bremsanlage, Sensorik und Kommunikationsmöglichkeiten schematisch dargestellt. Die vier Räder sind mit 15, 16, 20, 21 bezeichnet. An jedem der Räder 15, 16, 20, 21 ist je ein Radsensor 22 bis 25 vorgesehen. Die Signale werden einer Elektronik-Steuereinheit 28 zugeführt, die anhand vorgegebener Kriterien aus den Raddrehzahlen die Fahrzeuggeschwindigkeit v ermittelt. Weiterhin sind ein Gierratensor 26, ein Querbeschleunigungssensor 27 und ein Lenkradwinkelsensor 29 mit der Komponente 28 verbunden. Jedes Rad weist außerdem eine individuell ansteuerbare Radbremse 30 bis 33 auf. Diese Bremsen werden hydraulisch betrieben und empfangen unter Druck stehendes Hydraulikfluid über Hydraulikleitungen 34 bis 37. Der Bremsdruck wird über einen Ventilblock 38 eingestellt, wobei der Ventilblock von elektrischen Signalen Fahrer unabhängig angesteuert wird, die in der elektronischen Steuereinheit 28 erzeugt werden. Über ein von einem Bremspedal 3 betätigten Hauptzylinder 1 kann von dem Fahrer Bremsdruck in die Hydraulikleitungen eingesteuert werden. In dem Hauptzylinder bzw. den Hydraulikleitungen ist mindestens ein Drucksensor P vorgesehen, mittels dem der Fahrerbremswunsch erfasst werden kann. Über eine Schnittstelle (CAN) ist die Elektronik-Steuereinheit mit dem Motorsteuergerät verbunden.

Über das ESP-Regelungssystem 28 mit Bremsanlage, Sensorik und Kommunikationsmöglichkeiten das die Ausstattungselemente

- vier Raddrehzahlsensoren
- Drucksensor (Bremsdruck im Hauptzylinder p_{main})

- 14 -

- Querbeschleunigungssensor (Querbeschleunigungssignal a_{ist} , Querneigungswinkel α)
- Gierratensor (ψ)
- Lenkradwinkelsensor (Lenkwinkel δ , Lenkwinkelgeschwindigkeit $\dot{\delta}$)
- individuell ansteuerbare Radbremsen
- Hydraulikeinheit (HCU)
- Elektronik-Steuereinheit (ECU)

aufweist, lässt sich eine Aussage über die jeweilige Fahrsituation und damit über eine Bestimmung der Ein- und Austrittsbedingungen eine aktivierte bzw. deaktivierte Regelungssituation realisieren. Damit ist eine Hauptkomponente des Verfahrens zur Stabilisierung von Gespannen, die Fahrsituationserkennung, möglich, während die andere Hauptkomponente, die Interaktion mit dem Bremssystem, ebenfalls auf die wesentlichen Komponenten der Fahrstabilisationsregelung zurückgreift.

Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt die ESP-Sensorik, um ein Maß für die Stärke der Gespannschwingung zu ermitteln. Zu betrachtende Signale sind die Amplituden mindestens einer Quergröße (Gierrate und/oder Querbeschleunigung und/oder Modellgierrate) und/oder die Frequenzen mindestens einer Quergröße (Gierrate und/oder Querbeschleunigung und/oder Modellgierrate) und/oder die Fahrzeuggeschwindigkeit. Aus diesen Größen wird über eine Zustandserkennung ermittelt, wie kritisch der Fahrzustand ist. Dabei wird bei einem eher unkritischen Zustand eine niedrige und bei einem eher kritischen Zustand eine hohe Verzögerung angefordert.

- 15 -

Figur 3 zeigt vereinfacht die logischen Abläufe bei der Ermittlung der Gespannschwingungen bis zur Fahrzeugverzögerungsanforderung:

Ausgehend von der im ESP-Fahrzeugmodell (siehe beispielsweise die Fahrstabilitätsregelung gemäß Fig.1 und 2 sowie deren Beschreibung in DE 195 15 056, die Bestandteil dieser Anmeldung sein soll) ermittelten Gierratendifferenz 61($\Delta\dot{\psi}$) aus Modell- und gemessener Gierrate, wird in Schritt 60 der Differenzwert 61 gefiltert. Das heißt, dass der Differenzwert 61 einen Tiefpass durchläuft, so daß keine extremen Spitzen auftreten. Schritt 62 umfasst die Suche nach Halbwellen im Eingangssignal, die anhand zweier Nulldurchgänge, einem Maximum, einer Mindestamplitude und einer definierten Anfangssteigung analysiert werden. In der Raute 63 wird abgefragt, ob die Halbwelle erkannt wurde. Ist dies nicht der Fall, wird auf Schritt 62 zurückgeschaltet und die Suche nach Halbwellen fortgesetzt. Wurde die Halbwelle anhand der vorstehenden Kriterien erkannt, wird diese in Raute 64 auf ihre Gültigkeit hin überprüft. Dazu werden folgende Kriterien abgefragt:

- das Maximum der Halbwelle muß einen bestimmten Wert überschreiten
- der Abstand der Nulldurchgänge (Halbwellenlänge) muß im signifikanten Frequenzbereich liegen
- das Hystereseband muß nach einer bestimmten Zeit verlassen werden
- ab der zweiten gefundene Welle:
 - die Halbwellenlänge muß mit der vorhergehende übereinstimmen

- 16 -

- die Querbeschleunigung darf im Mittel nicht größer als ein bestimmter Wert sein
- die Querbeschleunigung muß im Zeitpunkt des Maximums der Halbwelle das gleiche Vorzeichen haben
- die Querbeschleunigung muß eine Halbwelle etwa gleicher Dauer aufweisen
- die Modellgierrate muß im Zeitpunkt des Maximums der Halbwelle das gleiche Vorzeichen haben
- die Modellgierrate muß um einen gewissen Betrag kleiner sein als die Fahrzeuggierrate

Sind diese Kriterien alle erfüllt ist die Halbwelle gültig und der Halbwelzenzähler in Schritt 65 wird inkrementiert. Bei einer deutlichen Amplitudenabnahme (aktuelle Amplitude nur noch X% der vorhergehenden Amplitude) wird der Zähler nicht inkrementiert sondern behält seinen Wert bei, was zu einem späteren Eintritt in die Regelung führen kann. Sind die Kriterien nicht alle erfüllt, wird in Schritt 68 der Halbwelzenzähler auf Null zurückgesetzt. In Raute 66 wird festgestellt ob N Halbwellen erkannt sind. Dies löst Schritt 67 eine Verzögerungsreglung des Fahrzeugs aus.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, zusätzlich zum Ist-Zustand eine zeitliche Betrachtung der Schwingung anzustellen. So ist bei einer aktuell unkritischen aber tendenziell stärker werdenden Schwingung eine höhere Verzögerung anzufordern und dem gegenüber bei einer aktuell kritischen aber abklingenden Schwingung eine niedrigere oder u.U. keine Verzögerung mehr anzufordern. Insbesondere hat eine frühzeitige Reduktion der Verzögerung den Vorteil, dass die Endgeschwindigkeit des Gespanns nicht zu gering ist, was ansonsten, insbesondere

- 17 -

auf Autobahnen, zu einer Gefährdung des Gespanns und des rückwärtigen Verkehrs führen würde.

Eine weitere besonders vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, für die Ermittlung der Bremsdrücke ein Signal zu betrachten, das die Ist-Verzögerung des Gespanns repräsentiert. Ein solches Verzögerungssignal kann leicht aus den ABS-Radsensor-Informationen berechnet werden. Durch ein solches Signal kann die Verzögerungsanforderung exakt geregelt werden. Besonders vorteilhaft ist dabei, dass von außen wirkende Kräfte und Einflüsse (z.B. Gegenwind, Beladungszustand des Gespanns, Art des Anhängers) sowie geneigte Fahrbahnen (bergab/bergauf) durch die Rückführung der Ist-Verzögerung ausgeregelt werden und somit immer die gewünschte Verzögerung eingestellt wird.

Eine weitere besonders vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, die Verzögerungsanforderung mit dem Ende der Regelung nicht schlagartig sondern gestuft wegzunehmen. Damit erreicht man eine sanfte Reduzierung der Gespannverzögerung, was den Komfort erhöht und die Gefahr der Verunsicherung des Fahrers reduziert.

Eine weitere besonders vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, die Schläpfe und Verzögerungen der Räder zu beobachten und beim ersten Anzeichen von Blockierneigung eines Rades an einer Achse die Druckanforderungen an der Achse zu reduzieren oder abzuschalten und erst dann wieder zu erhöhen oder aufzuschalten, wenn die Blockierneigung nicht mehr besteht. Dadurch erreicht man, dass es zu keiner Reduzierung der Seitenführungskräfte kommt, das Fahrzeug also nicht destabilisiert wird und lenkbar bleibt. Besonders

- 18 -

vorteilhaft ist, dass die Reduktion der Druckanforderung immer an beiden Rädern einer Achse erfolgt, um keine zusätzlichen Giermomente aufzubauen, die das Fahrzeug destabilisieren könnten.

Eine weitere, besonders vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, bei Erkennung einer Blockierneigung den aktuellen Raddruck am entsprechenden Rad zu speichern. Wenn das Rad keine Blockierneigung mehr zeigt, wird die wieder aufgeschaltete Druckanforderung auf den gemerkten Druck oder auf den um einen gewissen Wert reduzierten gemerkten Druck begrenzt, um eine weitere Blockiertendenz des Rades zu verhindern. Um bei sich ändernden Reibwertverhältnissen jedoch das Fahrzeug nicht zu unterbremsen, wird vorteilhaft das gelernte Blockierdruckniveau langsam wieder erhöht. Dadurch wird insgesamt eine homogene Verzögerung erreicht, ohne Gefahr zu laufen, bei Reibwertveränderungen diesen Reibwert nicht auszunutzen.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, Stabilisierungseingriffe, genauer Verzögerungsanforderungen des Reglers auf solche Fälle zu beschränken, bei denen hohe Verzögerungen realisiert werden können, und in den Fällen, bei denen nur geringe Verzögerungen möglich sind (ca. <0,3g), den Eingriff zu verhindern. Damit werden die Probleme bei der Abbremsung des Fahrzeugs mit Anhänger gelöst, die immer dann entstehen, wenn die kritische Geschwindigkeit des Gespanns durch die Abbremsung reduziert, und somit die Schwingung weiter angeregt wird. Durch die Abbremsung wird zwar auch die Geschwindigkeit des Gespanns reduziert, so dass es schließlich den kritischen Geschwindigkeitsbereich verlässt.

- 19 -

Ausschlaggebend für den Erfolg des Eingriffs ist es, dass der kritische Geschwindigkeitsbereich, der durch den Eingriff noch abgesenkt wird, ausreichend schnell wieder verlassen wird, damit sich die Schwingung nicht zu sehr verstärkt sondern schnell bedämpft wird. Das Problem verlangt also eine möglichst schnell anliegende hohe Verzögerung.

Diese hohen Verzögerungen sind nicht immer erreichbar. In Fahrversuchen hat sich ergeben, dass auch auf schneebedeckten Straßen Gespannschwingungen auftreten können. Wird diese Schwingung erkannt und eine Abbremsung des Fahrzeugs angefordert, dann erreicht der Bremsdruck aufgrund des niedrigen Reibwerts schnell sein Blockierniveau. Die angeforderte Verzögerung kann nicht eingestellt werden. Es kommt statt zu einer Stabilisierung zu einer Anregung der Schwingung.

Bei dem Verfahren wird daher ein Eingriff nicht gänzlich verhindert, denn bevor die Räder durch den Verzögerungseingriff das Blockierdruckniveau erreichen, kann das mögliche Verzögerungspotential nicht ermittelt werden. Daher beendet dieses Verfahren einen nicht hilfreichen Verzögerungseingriffs, es kommt zum Abbruch des Eingriffs. Allerdings muss der Eingriff so frühzeitig gestoppt werden, dass eine zusätzliche Destabilisierung des Gespanns unterbunden wird.

Im folgenden wird das Verfahren zum Abbruch der Verzögerung des Fahrzeugs beschrieben:

Das Verfahren beobachtet während eines Verzögerungseingriffs die Verzögerung des Gespannes. Hat diese Verzögerung nach

- 20 -

einem bestimmten Zeitintervall eine bestimmte Schwelle (ca. 0,25g-0,3g) nicht erreichen können, wird der Verzögerungseingriff abgebrochen.

Die Verzögerung kann entweder anhand der Radgeschwindigkeitssignale, oder besonders vorteilhaft mit einem Längsbeschleunigungssensor ermittelt werden.

Da sich bei Regelungseintritt die Verzögerung erst einschwingen muss, ist es vorteilhaft, das Beobachtungsfenster erst ein bestimmtes Zeitintervall nach Regelungseintritt zu beginnen (ca. 300ms). Um eine möglichst genaue Verzögerungsmessung zu erhalten, wird das Signal über weitere 700ms gefiltert. Nach 1000ms erfolgt dann die Entscheidung, ob die gewünschte Verzögerung erreicht werden kann. Dazu muss die Verzögerung einen bestimmten Schwellwert überschreiten. Ist dies nicht der Fall, wird der Eingriff beendet.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung verwendet zur Entscheidung, ob der Reibwert die angeforderte Verzögerung zulässt, eine Schlupfüberwachung der Räder. Der Eingriff wird dabei nur beendet, wenn innerhalb der ersten 1000ms ein Rad die Blockierdruckgrenze überschritten hat.

Eine weitere besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist, bei Verwendung der Radsignale zur Ermittlung der Verzögerung, auf das aus den Radsignalen gebildete Referenzgeschwindigkeitssignal zurückzugreifen. Dieses für ABS ermittelte Signal stellt die Fahrzeuggeschwindigkeit dar. Nach Ablauf der ersten 300ms wird die Fahrzeuggeschwindigkeit gespeichert. Nach Ablauf der weiteren 700ms kann dann aus der Differenz der gespeicherten Geschwindigkeit und der aktuellen Geschwindigkeit und der

- 21 -

Zeitdifferenz von 700ms eine recht genaue Fahrzeugverzögerung ermittelt werden.

Darüber hinaus sieht eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens vor, während eines Verzögerungseingriffes nach erkannter Schlingerbewegung eines PKW-Anhänger-Gespannes, den rückwärtigen Verkehr vor der zu erwartenden hohen Verzögerung des Gespannes zu warnen. Als Warnsignal wird das Bremslicht angesteuert, sobald der Eingriff aktiv wird.

Als besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung wird das Bremslicht erst aktiviert, wenn eine Verzögerungsschwelle überschritten wird, um den rückwärtigen Verkehr erst dann zu warnen, wenn es wirklich notwendig ist.

Als weitere besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung wird in die Verzögerungsschwelle eine Hysterese integriert, um mehrmaliges An- und Ausschalten des Bremslichts zu verhindern, wenn sich das Verzögerungssignal in der Nähe der Schwelle bewegt und mehrmals unter- oder überschreitet. Zusätzlich kann zur Ansteuerung des Bremslichts ein Rad-Mindestdruck an mindestens einem Rad gefordert werden. Das hat den Vorteil, dass bei einem fehlerhaft großen Verzögerungssignal aber real geringer Verzögerung dieses Signal mit dem Drucksignal plausibilisiert wird und unnötige Bremslichtaktivierungen verhindert werden. Als Raddrucksignale können Sensorsignale oder geschätzte Drucksignale verwendet werden.

Eine weitere besonders vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, die Verzögerungsanforderung über eine ETR-Regelung umzusetzen, die in Verbindung mit Figur 2 beschrieben wird.

Die in der Figur 2 dargestellte Bremsdruckübertragungsvorrichtung für Fahrzeuge besteht aus dem Bremszylinder 1 mit dem Bremskraftverstärker 2, der durch ein Bremspedal 3 betätigt wird. Die Bremsdruckübertragungsvorrichtung umfasst zwei Bremskreise, von denen nur ein Bremskreis dargestellt ist. An dem Bremszylinder 1 ist ein Vorratsbehälter 4 angeordnet, der ein Druckmittelvolumen enthält und in der Bremslöstestellung an die Arbeitskammer des Bremszylinders 1 angeschlossen ist. Der dargestellte eine Bremsdruckübertragungskreis weist eine an eine Arbeitskammer des Bremszylinders 1 angeschlossene Bremsleitung 5 mit einem Trennventil 6 auf, das in seiner Ruhestellung einen offenen Durchgang für die Bremsleitung 5 bildet. Das Trennventil 6 wird üblicherweise elektromagnetisch betätigt. Es sind aber auch Variationen denkbar, bei der eine hydraulische Betätigung erfolgt.

Die Bremsleitung 5 verzweigt in zwei Bremsdruckleitungen 8, 9, die jeweils zu einer Radbremse 30, 31 führen. Die Bremsdruckleitungen 8, 9 enthalten jeweils ein elektromagnetisch betätigbares Einlaßventil 12, 19 das in seiner Ruhestellung offen ist und durch Erregung des Betätigungsmaßnen in eine Sperrstellung geschaltet werden kann. Jedem Einlaßventil 12, 19 ist ein Rückschlagventil 13 parallel geschaltet, das in Richtung des Bremszylinders 1 öffnet. Parallel zu diesen Radbremskreisen 10, 11 ist ein sogenannter Rückförderkreis angeschlossen, der aus Rücklaufleitungen 45, 42, 43 mit einer Rückförderpumpe 46 besteht. Die Radbremsen 30, 31 schließen über jeweils ein Auslaßventil 14, 17 über Rücklaufleitungen 42, 43 an die Rücklaufleitung 45 an und damit an die Saugseite der Rückförderpumpe 46, deren Druckseite mit der

- 23 -

Bremsdruckleitung 8 in einem Einmündungspunkt E zwischen dem Trennventil 6 und den Einlaßventilen 12, 19 verbunden ist.

Die Rückförderpumpe 46 ist als Hubkolbenpumpe mit nicht näher dargestelltem Druckventil und einem Saugventil ausgebildet. An der Saugseite der Rückförderpumpe 46 befindet sich ein Niederdruckspeicher 50, bestehend aus einem Gehäuse 53 mit einer Feder 54 und einem Kolben 55.

In der Verbindung zwischen dem Niederdruckspeicher 50 und der Rückförderpumpe ist ein vorgespanntes, zu der Rückförderpumpe öffnendes Rückschlagventil 44 eingesetzt.

Die Saugseite der Rückförderpumpe 46 ist weiterhin über eine Zusatzleitung 51 mit einem Niederdruckdämpfer 18 und einem Schaltventil 52 mit dem Bremszylinder 1 verbunden. Außerdem weist der Bremskraftübertragungskreis die Elektronik-Steuereinheit 28 zur Berechnung der Bremsdruckanforderungen in den Radbremskreisen 10, 11 auf. In der Steuereinheit 28 oder in anderen elektronischen Regeleinheiten wird auf der Basis der errechneten Verzögerungsanforderungen in jedem der Radkreise 10, 11 eine Bewertung der Radbremskreise 10, 11 nach der Höhe der erforderlichen Bremsdrücke vorgenommen. Es erfolgt eine Aufteilung der Radbremskreise 10 oder 11 in einen führenden oder folgenden Radbremskreis dahingehend, dass der Radbremskreis z.B. 10 mit der höheren Verzögerungsanforderung als führender Radbremskreis und der mit der geringeren Verzögerungsanforderung als folgender Radbremskreis 11 bestimmt werden. In Abhängigkeit von den Verzögerungsanforderungen in den Radbremskreisen 10, 11 werden bei einer Stabilitätsregelung des Gespanns in der Steuereinheit 28 Steuer- bzw. Regelgrößen generiert, mittels denen die Ventile 12, 19, 6, 17, 52 und die Rückförderpumpe

betätigt werden können. Dabei wird der folgende Radbremskreis 10 oder 11 über den führenden Radbremskreis 10 oder 11 gesteuert oder geregelt, d.h. hydraulisches Druckmittel wird beim Druckaufbau in den folgenden Radbremskreis mit der geringeren Verzögerungsanforderung in der Höhe der Bremsdruckanforderung aus oder über den führenden Radbremskreis eingesteuert.

Dabei erfolgt der Druckaufbau in den Radbremskreisen 10, 11 bei geöffnetem Schaltventil 51 und geschlossenem Trennventil 6 über Ansteuersignale bei dem in Ausgangslage stromlos offenen Trennventil 6 und stromlos geschlossenen Schaltventil 51. Dabei wird mittels der Rückförderpumpe 46 über den Bremszylinder 1 aus dem Vorratsbehälter 4 oder dem Niederdruckspeicher 50 Druckmittel in die Radbremskreise 10, 11 gefördert, in denen so entsprechend der berechneten Bremsdruckanforderung Druckmittel eingesteuert wird. Das Druckmittel wird über den Einmündungspunkt E von der Bremsdruckleitung 8 des z.B. führenden Radbremskreises 10 und in die Bremsdruckleitung 9 des folgenden Radbremskreises 11 über die Einlaßventile 12 und 19 zu den Radbremsen 30 und 31 geführt. Wenn der in Abhängigkeit von den Amplituden der Schlingerbewegung berechnete Wert der Verzögerungsanforderung im folgenden Radbremskreis 11 eingestellt ist, wird das Einlaßventil 19 mittels Schaltimpuls geschlossen. Das Druckmittel wird von dem graduell angesteuerten Motor der Rückförderpumpe im führenden Radbremskreis 10 bis zum Erreichen der Verzögerungsanforderung eingesteuert, danach bleibt das Einlaßventil 12 geöffnet, das Schaltventil 52 wird geschlossen. Trennventil 6 bleibt geschlossen. Es stellt sich ein konstanter Druck ein.

- 25 -

Das Halten des Bremsdruckes in den Radbremskreisen 10, 11 erfolgt bevorzugt bei geöffnetem Einlaßventil 12. Die Rückförderpumpe 46 wird dabei in einem Grundlastzustand betrieben, d.h. mit geringster Förderleistung und/Energiezufuhr und/Drehzahl, so daß der Pumpenkolben von dem Exzenter gerade noch bewegt wird. Dieser Betrieb der Rückförderpumpe 46 im Grundlastzustand wird bevorzugt über die pulsweitenmodulierte Ansteuerung des Pumpenmotors gesteuert, wenn kein Druckmittelvolumen im Niederdruckspeicher 50 gespeichert ist. In einem nicht erwünschten Sonderfall wird eine Drucküberhöhung durch ein Nachfordern der Rückförderpumpe aus dem Niederdruckspeicher 50 oder-dämpfer 18 während des Haltens des Bremsdrucks im führenden Radbremskreis 10 wirksam verhindert, indem das Einlaßventil 12 geschlossen wird. Das Schließen des Einlaßventils 12 wird durch einen zeitabhängigen Schaltimpuls nach dem Schließen des Schaltventils 52 in Fahrsituationen, in denen ein Überschwingen des Drucks über den Wert der Verzögerungsanforderung erhebliche negative Auswirkungen auf das Radverhalten ausübt, vorgenommen. Alternativ kann auch der Bremsdruck sensiert oder berechnet und das Einlaßventil 12 in Abhängigkeit von dem Bremsdruck geschlossen werden. Der Inhalt des Niederdruckspeichers 50 und/oder -dämpfers 18 wird über das Überdruckventil 56 in den Bremszylinder 1 und den Vorratsbehälter 4 zurückgefördert.

Der Druckabbau des führenden Radbremskreises 10 erfolgt durch Öffnung des Trennventiles 6, so daß Druckmittel über das offene Einlaßventil 12, das Trennventil 6 und den Bremszylinder 1 in den Vorratsbehälter 4 strömt. Das Trennventil 6 wird von der Steuereinheit 28 mittels Schaltimpulsen nach jedem Druckabbau geschlossen. Im

folgenden Radbremskreis 11 wird bei geöffnetem Auslaßventil 17 und geschlossenen Einlaßventil 19 Druckmittel aus der Radbremse 31 in den Niederdruckspeicher 50 zurückgefördert. Der Niederdruckspeicher 50 übernimmt dabei eine Pufferfunktion.

Eine Korrektur der Bremsdruckanforderung des folgenden Radbremskreises 11 hin zu einer Bremsdruckerhöhung wird über die Öffnung des Einlaßventils 19 aus dem führenden Radbremskreis vorgenommen, dessen Verzögerungsanforderung in Abhängigkeit von vorgegebenen Regelschwellen ebenfalls korrigiert oder bei dem der verminderte Bremsdruck toleriert wird.

Wird über diese sogenannte ETR-Regelung (Schaltventil (EUV) - Trennventil-Regelung) zur Druckmodulation an allen Rädern Druck aufgebaut und moduliert, so kann in mindestens zwei Räder jederzeit eingebremst werden, da immer ein Raddruck je Kreis nicht über die Ein-/Auslassventile geregelt wird, sondern über Schaltventil 52 und Pumpe 46, und damit über die Rückschlagventile 13 einbremsbar bleibt. Eine solche Druckaufbaumethode ist in allen gängigen ESP-Systemen möglich und bedarf keiner zusätzlichen Sensorik. Im Gegensatz dazu würde eine Modulation über die Ein-/Auslassventile an allen vier Rädern eine besonders zuverlässige Einbremserkennung notwendig machen.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Stabilisieren eines Gespanns, mit einem Zugfahrzeug und einem durch das Zugfahrzeug bewegten Anhänger, bei dem das Zugfahrzeug im Hinblick auf Schlingerbewegungen überwacht wird und beim Erkennen von tatsächlichem oder erwarteten instabilem Fahrverhalten des Zugfahrzeugs oder Gespanns fahrstabilisierende Maßnahmen ergriffen werden, **gekennzeichnet** durch die Schritte, Ermitteln und Bewerten von den Schlingerbewegungen im Hinblick auf kritische oder unkritische Fahrzustände und Verzögern des Zugfahrzeugs in Abhängigkeit von den Amplituden der Schlingerbewegungen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fahrdynamik des Zugfahrzeugs beeinflussende Größen, die die Amplituden und/oder die Frequenzen mindestens einer Quergröße und/oder die Fahrzeuggeschwindigkeit wiedergeben, ermittelt werden, und die Bewertung der Schlingerbewegungen anhand der Amplituden durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Quergröße aus der gemessenen Gierwinkelgeschwindigkeit und/oder der Querbeschleunigung ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Quergröße aus dem Differenzwert der gemessenen Gierwinkelgeschwindigkeit und der Referenzgierwinkelgeschwindigkeit ermittelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass Änderungen der Schlingerbewegungen über vorgegebene

Zeiträume ausgewertet werden und die dabei ermittelten Tendenzen bei der Bewertung und/oder bei der Verzögerung des Zugfahrzeugs berücksichtigt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **gekennzeichnet durch** die Ermittlung einer Verzögerungsgröße in Abhängigkeit von einer vorgegebenen Verzögerung des Zugfahrzeugs, Vergleichen der Verzögerungsgröße mit einer modellbasierten Verzögerungsanforderung und Verzögern des Zugfahrzeugs nach Maßgabe des Vergleichsergebnisses.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzögerungsgröße aus dem Drehverhalten der Räder bei eingesteuertem vorgegebenen Bremsdruck ermittelt wird und die Verzögerungsanforderung in Abhängigkeit von der Amplitude der Schlingerbewegung und/oder der Tendenz der Schlingerbewegung durchgeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzögerung des Zugfahrzeugs nach Kriterien beendet wird, die einen kontinuierlichen oder gestuften oder sofortigen Übergang zu einer unverzögerten Fahrt ermöglichen.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Drehverhalten der einzelnen Fahrzeugräder erfasst und im Hinblick auf deren Schlupf- bzw. Blockierverhalten ausgewertet wird, dass bei erkanntem Schlupf- bzw. Blockierverhalten eines Rades an einer Fahrzeugachse die Druckanforderungen reduziert oder abgeschaltet werden und die Druckanforderungen erst dann wieder aufgeschaltet werden, wenn die Schlupf- bzw. Blockierneigung nicht mehr ermittelt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Druckanforderungen an beiden Rädern einer Fahrzeugachse reduziert oder abgeschaltet werden, wenn die Schlupf- oder Blockierneigung an mindestens einem Rad dieser Fahrzeugachse ermittelt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Größe des Bremsdrucks, der bei ermitteltem Blockierverhalten mindestens eines Rades in die Radbremsen eingesteuerte ist, in einem Speicher abgelegt wird, wenn die Druckanforderung abgeschaltet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei erkannter Beendigung der Blockierneigung in die Radbremsen ein Bremsdruck eingesteuert wird, der der abgelegten Größe des Bremsdrucks entspricht oder einer Größe, die um einen Wert reduziert wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der bei erkannter Beendigung der Blockierneigung eingesteuerte Bremsdruck kontinuierlich auf einen Bremsdruck erhöht wird, der zu der ermittelten Verzögerungsgröße des Zugfahrzeugs führt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzögerung sofort beendet wird, wenn anhand dem Drehverhalten der Räder oder der Längsbeschleunigung des Fahrzeugs ein Verzögerungswert des Zugfahrzeugs mit dem Anhänger unterhalb eines Schwellenwerts ermittelt wird.

- 30 -

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ermittlung des Verzögerungswerts zeitverzögert nach dem Verzögerungseingriff begonnen und über ein vorgegebenes Zeitintervall beobachtet und bestimmt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in einer ABS-Regelung ermittelte Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit am Beginn des Zeitintervalls gespeichert wird, die am Beginn gespeicherte Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit mit der am Ende ermittelten Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit verglichen wird und aus der Differenz der Referenzgeschwindigkeiten und der Zeitdauer die Verzögerung des Fahrzeugs bestimmt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass unabhängig von einer Betätigung eines Bremspedals eine optischen Signalanlage nach vorgegebenen Kriterien während des Verzögerungseingriffs aktiviert wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optische Signalanlage das Bremslicht des Zugfahrzeugs und/oder des Anhängers ist.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Signalanlage in Abhängigkeit von einer Verzögerungsschwelle aktiviert wird, die erreicht oder überschritten werden muß.

- 31 -

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Signalanlage in Abhängigkeit von einem Mindestbremsdruck aktiviert wird, der in ein Rad eingesteuert werden muß.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass in die Verzögerungsschwelle eine Hysterese integriert ist, um mehrmaliges Ein- und Ausschalten der Signalanlage zu verhindern, wenn die Verzögerungsanforderung die Schelle in einem vorgegebenen Zeitraum mehrmals über- oder unterschreitet.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, **gekennzeichnet durch** eine Druckmodulation der Bremsdrücke mit einer elektrischen Druckmittelpumpe in einer zweikreisigen Bremsdruckübertragungseinrichtung, mit den Schritten Einsteuern eines Bremsdruckes in den einen und/oder anderen Radbremskreis des einen Bremsdruckübertragungskreise, Halten des Bremsdruckes in dem einen und/oder anderen Radbremskreis des einen Bremsdruckübertragungskreises und Abbauen des Bremsdruckes in den einen und/oder anderen Radbremskreis des einen Bremsdruckübertragungskreises, wobei eine Aufteilung der Radbremskreise (10, 11) des einen Bremsdruckübertragungskreises in einen führenden und einen folgenden Radbremskreis mit unterschiedlicher Bremsdruckanforderung vorgesehen wird, der führende Radbremskreis (10 oder 11) als Radbremskreis mit einer höheren Bremsdruckanforderung festgelegt wird und die Schritte Einsteuern, Halten und Abbauen des Bremsdruckes des folgenden Radbremskreises über den führenden Radbremskreis gesteuert oder geregelt werden.

- 32 -

23. Verfahren nach Anspruch 22 dadurch **gekennzeichnet**, daß der führende Radbremskreis (10 oder 11) der Radbremse (30 oder 31) über das Öffnen eines Schaltventils (52) mit einer Druckmittelquelle (4) verbunden wird und das Druckmittel über die im Radbremskreis angeordnete Druckmittelpumpe (46) in den führenden und folgenden Radbremskreis bei von der Druckmittelquelle mit einem Trennventil (6) getrennten Bremsdruckkreis (8, 9) eigesteuert wird.

24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23 dadurch **gekennzeichnet**, dass der führende Radbremskreis (10 oder 11) der Radbremse bei geschlossenem Schaltventil (52) mit einem Druckmittelspeicher (50) verbunden wird und das Druckmittel über die im Radbremskreis angeordnete Druckmittelpumpe (46) in den führenden und folgenden Radbremskreis bei von einer Druckmittelquelle (4) mit einem Trennventil (6) getrennten Bremsdruckkreis (8, 9) eigesteuert wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 24 dadurch **gekennzeichnet**, dass in jedem Radbremskreis ein Ein- und Auslaßventil (12, 19, 14, 17) vorgesehen ist und die Bremsdruckanforderung des führenden und folgenden Radbremskreises über das Einlaßventil (19) des folgenden Radbremskreises und das von der Druckmittelpumpe (16) nach Maßgabe der Bremsdruckanforderung geförderten Druckmittels bei geöffnetem Einlaßventil (12) des führenden Radbremskreises und geschlossenen Auslaßventilen (14, 17) des führenden und folgenden Radbremskreises gesteuert wird.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 25 dadurch **gekennzeichnet**, dass die Bremsdruckanforderung des folgenden Radbremskreises aus dem führenden Radbremskreis bei geöffnetem Einlaßventil (12 oder 19) des folgenden Radbremskreises und aktiver oder passiver Druckmittelpumpe verändert wird.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 26 dadurch **gekennzeichnet**, dass der Bremsdruck der Radbremskreise bei geschlossenem Schaltventil, Trennventil und Auslaßventil und geöffnetem Einlaßventil (12 oder 19) des führenden Radbremskreises und geschlossenem Aus- und Einlaßventil des folgenden Radbremskreises gehalten wird.

28. Einrichtung zum Stabilisieren eines Gespanns, mit einem Zugfahrzeug und einem durch das Zugfahrzeug bewegten Anhänger, bei dem das Zugfahrzeug im Hinblick auf Schlingerbewegungen überwacht wird und beim Erkennen von tatsächlichem oder erwarteten instabilem Fahrverhalten des Zugfahrzeugs oder Gespanns fahrstabilisierende Maßnahmen ergriffen werden, **gekennzeichnet durch eine ESP Fahrstabilitätsregelung mit Raddrehzahlsensoren und einem Gierratensor und/oder Querbeschleunigungssensor und/oder Lenkwinkelsensor zum Erfassen des Drehverhaltens der Räder und der Gierwinkelgeschwindigkeit und/oder der Querbeschleunigung und/oder des Lenkwinkels, einem Fahrzeugmodell zum Ermitteln einer Modellgierwinkelgeschwindigkeit mindestens aus den Sensorsignalen eine Ermittlungseinheit zum Bilden eines Differenzwertes aus der gemessenen Gierwinkelgeschwindigkeit und der Modellgierwinkelgeschwindigkeit einer Ermittlungseinheit, die aus den Sensorsignalen**

und/oder modellbasierten Größen eine Verzögerungsgröße für das Zugfahrzeug berechnet, die der ESP Fahrstabilitätsregelung zur Steuerung des Bremsdrucks in den Radbremsen zur Verfügung gestellt werden.

29. Einrichtung nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ermittlungseinheit in Abhängigkeit von den Amplituden des Differenzwerts eine Verzögerungsgröße für das Zugfahrzeug und/oder den Anhänger berechnet.
30. Einrichtung mit einer optischen Signalanlage nach Anspruch 28 oder 29, **dadurch gekennzeichnet**, dass unabhängig von einer Betätigung eines Bremspedals eine Aktivierung der optischen Signalanlage nach vorgegebenen Kriterien während des Verzögerungseingriffs erfolgt.
31. Einrichtung nach Anspruch 31, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optische Signalanlage das Bremslicht des Zugfahrzeugs und/oder des Anhängers ist.
32. Einrichtung nach Anspruch 30 oder 31, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aktivierung in Abhängigkeit von einer Verzögerungsschwelle erfolgt, die erreicht oder überschritten werden muß, um die Signalanlage zu aktivieren.
33. Einrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aktivierung in Abhängigkeit von einem Mindestbremsdruck erfolgt, der in ein Rad eingesteuert werden muß, um die Signalanlage zu aktivieren.

- 35 -

34. Einrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass in die Verzögerungsschwelle eine Hysterese integriert ist, um mehrmaliges Ein- und Ausschalten der Signalanlage zu verhindern, wenn die Verzögerungsanforderung die Schelle in einem vorgegebenen Zeitraum mehrmals über- oder unterschreitet.

Zusammenfassung

Verfahren und Einrichtung zum Stabilisieren eines Gespanns

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Stabilisieren eines Gespanns, mit einem Zugfahrzeug und einem durch das Zugfahrzeug bewegten Anhänger, bei dem das Zugfahrzeug im Hinblick auf Schlingerbewegungen überwacht wird und beim Erkennen von tatsächlichem oder erwarteten instabilem Fahrverhalten des Zugfahrzeugs oder Gespanns fahrstabilisierende Maßnahmen ergriffen werden.

durch die Schritte, Ermitteln und Bewerten von den Schlingerbewegungen im Hinblick auf kritische oder unkritische Fahrzustände und Verzögern des Zugfahrzeugs in Abhängigkeit von den Amplituden der Schlingerbewegungen.